

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 2 月 12 日 (12.02.2004)

PCT

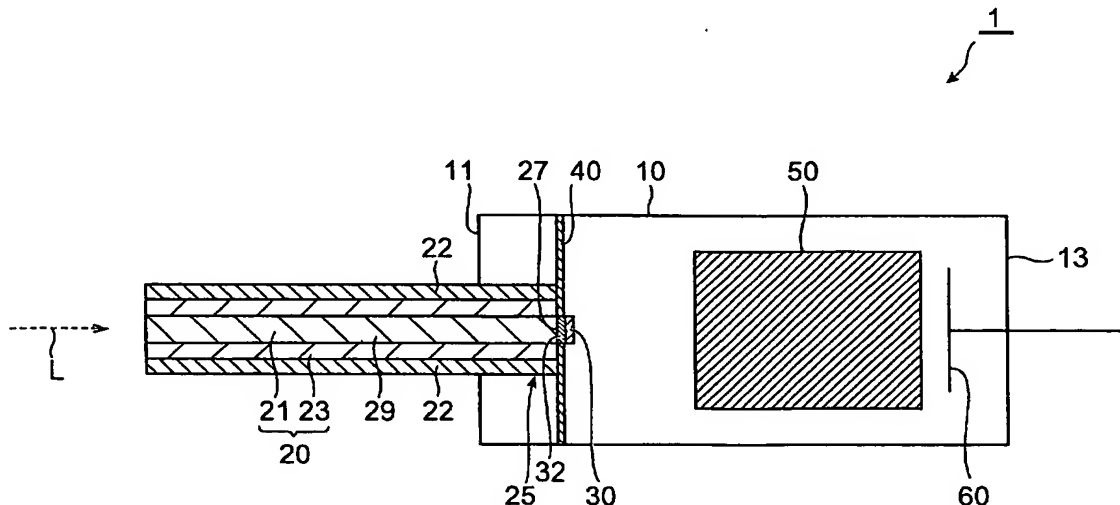
(10) 国際公開番号
WO 2004/013590 A1

- (51) 国際特許分類: G01J 1/02, (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.);
1/04, 3/18, H01J 40/02, 43/28 〒104-0061 東京都中央区銀座一丁目10番6号 銀座
ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009831
- (22) 国際出願日: 2003 年 8 月 1 日 (01.08.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-225262 2002 年 8 月 1 日 (01.08.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)
[JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 瀧口 義浩 (TAKIGUCHI, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL SENSOR

(54) 発明の名称: 光検出装置



(57) Abstract: An optical sensor (1) comprises a photoelectric surface (30) and an electron multiplying section (50) both installed in a vacuum enclosure (10). These constitute a photoelectron multiplier tube. The optical sensor (1) has an optical fiber (20) through which an optical signal (L) travels. The photoelectric surface (30) is formed on the end surface (27) of the optical fiber (20).

(57) 要約: 光検出装置 1 は、真空容器 10 内に配置された光電面 30 及び電子増倍部 50 を含む。これらにより光電子増倍管が構成される。光検出装置 1 は、光信号 L が流れる光ファイバ 20 を備え、光電面 30 が光ファイバ 20 の端面 27 上に形成されている。

WO 2004/013590 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明細書

光検出装置

技術分野

【０００１】 本発明は、例えば、光電子増倍管のような光学部品を含む光検出装置に関する。

背景技術

【０００２】 図３は、従来光検出装置の模式図である。従来光検出装置は、光電子増倍管８０及び結像系９０を含む。光電子増倍管８０は、管状をした真空容器８１内に、真空容器８１の一方の端面から他方の端面に向かって順に、電極８３ａ、光電面８５、アパーチャ電極８３ｂ、収束電極８３ｃ、電子増倍部８７、読み出し電極８３ｄが配置された構造をしている。結像系９０は、互いに対向して配置されたレンズ系９１、９３と、レンズ系９１とレンズ系９３との間に配置された波長選択フィルタ９５と、レンズ系９３の位置を微調整する調整部９７と、を含む。波長選択フィルタ９５により光信号Ｌのうち必要となる波長成分が選択される。

【０００３】 光源Ｓからの光信号Ｌは、結像系９０により光電面８５に結像される。調整部９７を用いてレンズ系９３の位置を微調整することにより、結像の調整がなされる。この結像により光電面８５内の電子が励起され真空中に光電子が放出される（外部光電効果）。放出された光電子のうちアパーチャ電極８３ｂの開口部８２を通過した光電子が収束電極８３ｃによって電子増倍部８７に収束される。電子増倍部８７において二次電子放出が繰り返えられることにより電流増幅される。これが出力信号として読み出し電極８３ｄを介して読み出される。

【０００４】 さて、上記光検出装置において、光電面８５に入射する光信号Ｌの強度が極度に小さい場合、計測における信号／雑音の比は熱雑音の影響を強く受ける。つまり、熱雑音が大きくなると計測における信号／雑音の比が悪くなるのである。従って、熱雑音を低減することが重要である。熱雑音は、光電面８５

の温度を低下させたりすることや、光電面 8 5 の面積を小さくすることにより、低減することができる。従来は、ペルチェ冷却器 8 9 を光電面 8 5 の近傍に配置することにより光電面 8 5 の温度を低下させたり、アパーチャ電極 8 3 b により光電面 8 5 の有効面積を低減させたりしている。アパーチャ電極 8 3 b の開口部 8 2 の開口面積に相当する面積が光電面 8 5 の有効面積となる。

発明の開示

【0005】 従来の光検出装置は、アパーチャ電極 8 3 b の開口部 8 2 を通過した光電子が電子増倍部 8 7 に収束される。光電面 8 5 から放出された光電子を効率的に利用するためには、開口部 8 2 を通過する光電子を多くしなければならず、そのために、結像系 9 0 及び調整部 9 7 が必要となる。また、アパーチャ電極 8 3 b を設けることにより、光電面 8 5 とアパーチャ電極 8 3 b により形成される電場が原因でレンズ効果が発生する。この補正のため収束電極 8 3 c が必要となる。このように、従来の光検出装置は結像系 9 0、調整部 9 7、収束電極 8 3 c 等を備えなければならず、これらが装置の小型化の妨げとなっていた。

【0006】 本発明の目的は、熱雑音を低下させつつ、小型化が可能な光検出装置を提供することである。

【0007】 本発明に係る光検出装置は、光の出射面となる端面を有する光ファイバと、端面上に形成され端面から出射される光を基にして光電子を放出する光電子放出部と、を含む。

【0008】 本発明によれば、光ファイバの端面上に光電子放出部（例えば光電面）が形成されているので、光電子放出部に光を結像させるための結像系や結像系のレンズを微調整する調整部が不要となる。また、同じ理由によりアパーチャ電極が不要となるので、光電子放出部とアパーチャ電極により形成される電場が原因となるレンズ効果が発生することはない。よって、本発明によればレンズ効果を補正するための収束電極を配置しなくてもよい。また、光ファイバの端面上に光電子放出部が形成されているので光電子放出部の小型化が可能となる。以

上の理由により本発明によれば、光検出装置の小型化が可能となる。

【０００９】 また、上記の通り光電子放出部の小型化が可能となるので、熱雑音を低減することができる。よって、本発明によれば、計測における信号／雑音の比を良好にすることが可能となる。

５ 【００１０】 本発明において、光ファイバはコア部を含み、端面の少なくとも一部はコア部を含み、光電子放出部は端面のコア部上にのみ形成されている構造にすることが好適である。これによれば、光電子放出部をさらに小型化することができるので、熱雑音を低減することができ、計測における信号／雑音の比を良好にすることが可能となる。

１０ 【００１１】 本発明において、コア部に波長選択用の回折格子が形成されている構造にすることが好適である。本発明において、光ファイバからの光漏れを防ぐために、光ファイバの表面に配置された遮光性皮膜を含む構造にすることが好適である。本発明において、光ファイバは光の入射面となる他の端面を含み、光検出装置は他の端面に取付けられた光ファイバコネクタを含む構造にすることが好適である。本発明において、光電子放出部の温度を低下させるための冷却部を含む構造にすることが好適である。

図面の簡単な説明

【００１２】 図１は、本実施形態に係る光検出装置の一例の断面模式図である。

２０ 【００１３】 図２は、本実施形態に係る光検出装置の他の例の断面模式図である。

【００１４】 図３は、従来の光検出装置の模式図である。

発明を実施するための最良の形態

２５ 【００１５】 本発明の好適な実施形態について図面を用いて説明する。図１は、本実施形態に係る光検出装置の一例の断面模式図である。光検出装置１は、内部が真空にされたガラス管からなる真空容器１０と、コア部２１及びコア部２１の

周囲に形成されたクラッド層 23 を含む光ファイバ 20 と、を備える。

【0016】 真空容器 10 は一方の端面 11 と他方の端面 13 を有する。光ファイバ 20 の端部 25 は、端面 11 から真空容器 10 内に挿入され、固定されている。端部 25 には光ファイバ 20 の端面 27 がある。コア部 21 を伝播した光源からの光信号 L は、端面 27 から出射される。端面 27 上のうちコア部 21 の部分上には、金属が吸着しやすいように表面をナノメートル程度で荒らして蒸着した下地金属層 32 と、光電子放出部の一例である光電面 30 とが積層されている。光電面 30 により外部光電効果が生じる。つまり、端面 27 から出射された光信号 L が光電面 30 に入射することにより、光電面 30 から真空容器 10 中に光電子が放出される。光電面 30 を端面 27 上に形成する方法として、例えば、以下の方法がある。まず、端面 27 上に金属層を蒸着する。この金属層をフォトリソグラフィとエッチングを用いてパターニングすることにより、端面 27 上のうちコア部 21 の部分上にのみこの金属層を残す。これが下地金属層 32 となる。そして、下地金属層 32 上に光電面の材料を選択的に蒸着することにより、端面 27 上に光電面 30 が形成される。

【0017】 真空容器 10 内には、光電面 30 に下地金属層 32 を介して電氣的に接続されている電極 40 が配置され、また光電面 30 と所定距離を設けて向かい合うように電子増倍部 50 が配置されている。電子増倍部 50 としては公知の電子増倍部が用いることができる。電子増倍部 50 の構造や材料は様々であり、これらにより光検出装置 1 の電流増倍率、時間応答特性等が異なるので、光検出装置 1 の使用目的に応じて、電子増倍部 50 の構造や材料を選択する。真空容器 10 内であって、端面 13 と電子増倍部 50 との間には読み出し電極 60 が配置されており、読み出し電極 60 の一部は端面 13 を介して外部に引出されている。真空容器 10、光電面 30 及び電子増倍部 50 により光電子増倍管が構成されている。

【0018】 ここで、光検出装置 1 の動作を説明する。光ファイバ 20 のコア

部 2 1 を伝播してきた光信号 L は光ファイバ 2 0 の端面 2 7 を介して光電面 3 0 に入射する。これにより光電面 3 0 内の電子を励起し真空中に光電子を放出する (外部光電効果)。光電子は電子増倍部 5 0 に入射する。電子増倍部 5 0 において二次電子放出が繰り返えられることにより電流増倍された光電子は、読み出し電極 6 0 に送られる。

【0019】 光検出装置 1 によれば、光信号 L が流れる光ファイバ 2 0 を備え、かつ光電面 3 0 が光ファイバ 2 0 の端面 2 7 上に形成されている。このため、結像系、収束電極等が不要となり、装置の小型化が可能となる。また、光伝播と光電子変換を高効率にすることが可能となる。

【0020】 また、光検出装置 1 によれば、光電面 3 0 が端面 2 7 のコア部 2 1 上にのみ形成されているので、光電面の小型化を図ることができる。よって、熱雑音を極限まで低減することが可能となるので、計測における信号／雑音の比を良好にすることができる。なお、光電面 3 0 は端面 2 7 のコア部 2 1 上及びクラッド層 2 3 上に形成されていてもよい。

【0021】 上記の効果について数値を用いて具体的に説明する。光検出装置 1 によれば、例えば、コア部 2 1 の径が $125\mu\text{m}$ のマルチモードファイバを用いた場合、直径 5mm の光電面 (通常の大さの光電面) と比較して、光電面 3 0 は面積比で 1600 分の 1 になる。また、例えば、光電面が GaAs であり光電面の冷却部を備えた従来のタイプにおいて、光電面の雑音レベルが 100cps 程度となる。光検出装置 1 によれば、熱雑音が 0.063cps となる。

【0022】 次に、本実施形態に係る光検出装置の他の例を説明する。図 2 は、この光検出装置 3 の断面模式図である。光検出装置 3 については、図 1 に示す光検出装置 1 との相違点を説明する。光検出装置 3 を構成する要素のうち光検出装置 1 の構成要素と同一のものについては同一符号を付すことにより説明を省略する。

【0023】 光ファイバ 2 0 のコア部 2 1 の一部に回折格子 2 9 が形成されて

いる。これにより、光信号のうち測定したい波長成分のみを選択することが可能となる。また、光ファイバ20の周囲には遮光用皮膜22が形成されている。これにより光ファイバ20内の光信号が外部に漏れるのを防ぐことが可能となる。光ファイバ20の端部25と反対側の端部24には、F C型の光ファイバコネクタ70が取付けられている。なお、光電面30は端面27のコア部21上にのみ形成されているが、端面27のコア部21上及びクラッド層23上に形成されていてもよい。

【0024】 真空容器10内であって端面11及び光電面30の近傍には、ペルチェ冷却器13が配置されている。ペルチェ冷却器13には貫通孔があり、そこに光ファイバ20の端部25が通されている。ペルチェ冷却器13により光電面30が冷却される。これにより、熱雑音を低減することができる。なお、光検出装置3の動作及び効果は光検出装置1と同様である。

請求の範囲

1. 光の出射面となる端面を有する光ファイバと、
前記端面上に形成され、前記端面から出射される光を基にして光電子を放出する
光電子放出部と、

5 を含む光検出装置。

2. 前記光ファイバはコア部を含み、
前記端面の少なくとも一部は前記コア部を含み、
前記光電子放出部は前記端面の前記コア部上にのみ形成されている、請求項 1 記
載の光検出装置。

10 3. 前記コア部に波長選択用の回折格子が形成されている、請求項 1 又は 2
記載の光検出装置。

4. 前記光ファイバからの光漏れを防ぐために、前記光ファイバの表面に配
置された遮光性皮膜を含む、請求項 1～3 のいずれかに記載の光検出装置。

15 5. 前記光ファイバは光の入射面となる他の端面を含み、
前記光検出装置は前記他の端面に取付けられた光ファイバコネクタを含む、請求
項 1～4 のいずれかに記載の光検出装置。

6. 前記光電子放出部の温度を低下させるための冷却部を含む、請求項 1～
5 のいずれかに記載の光検出装置。

20 7. 前記端面と前記光電子放出部との間に金属層が位置する、請求項 1～6
のいずれかに記載の光検出装置。

図1

1

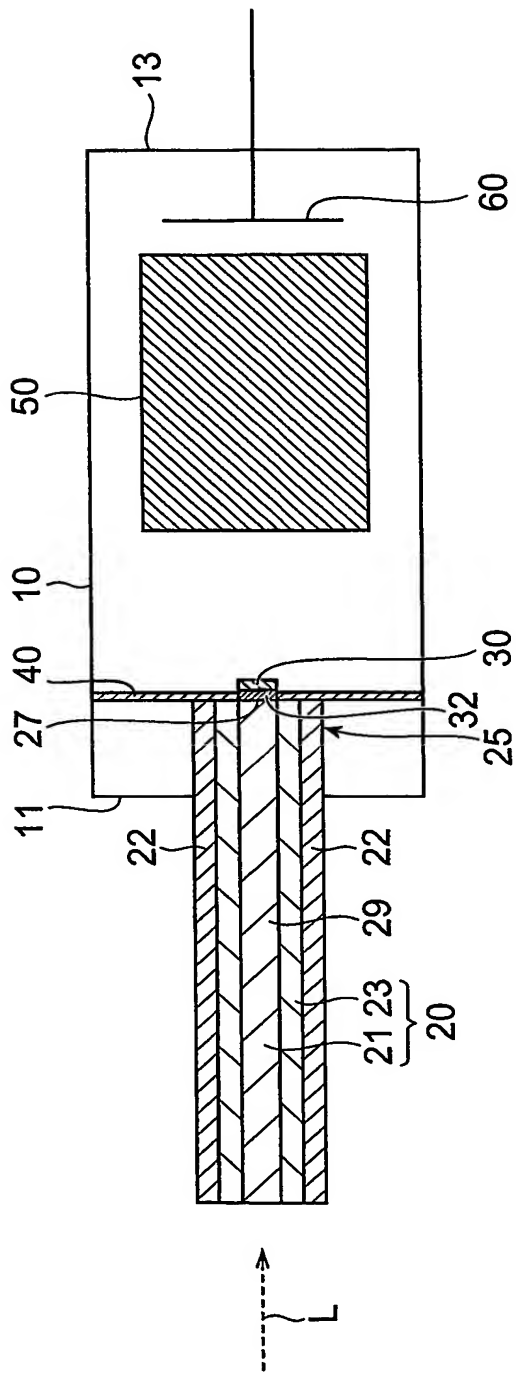


図2

3

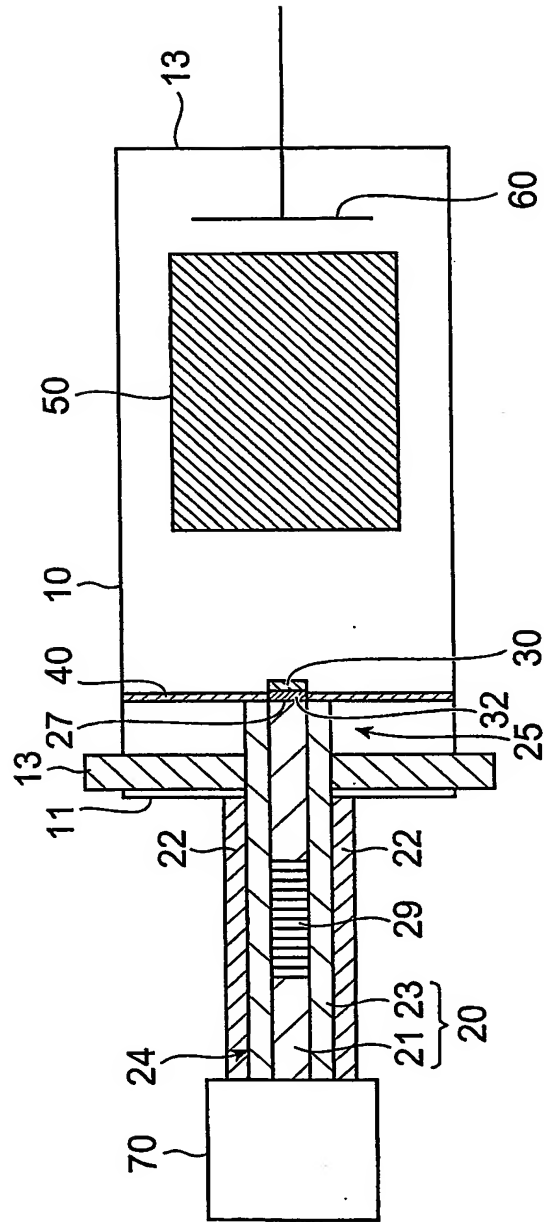
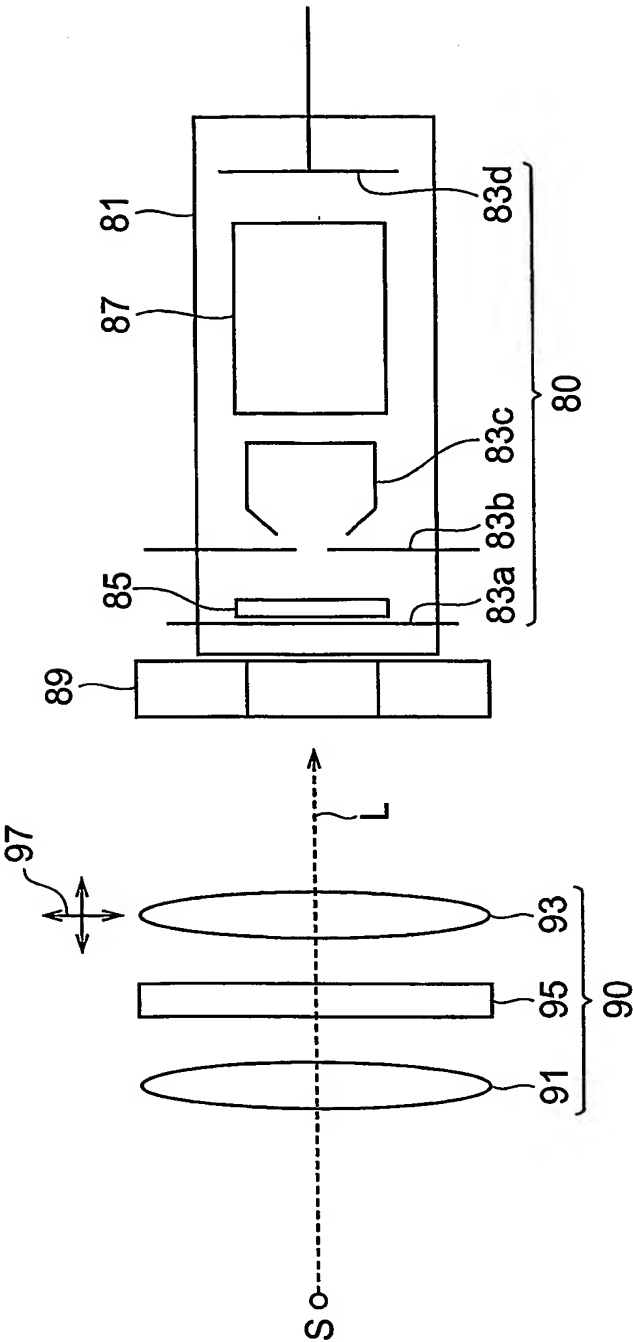


図3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09831

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01J1/02, G01J1/04, G01J3/18, H01J40/02, H01J43/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01J1/02-1/04, G01J1/42, G01J3/18, G01T1/20-1/29,
G02B6/00, G02B6/42, H01J31/50, H01J40/02, H01J43/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 61-183857 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 16 August, 1986 (16.08.86), Full text; Figs. 1 to 6	1, 4, 7
Y	Full text; Figs. 1 to 6	3, 5, 6
A	Page 3, upper right column, lines 11 to 20; Fig. 4 & US 4783139 A & GB 8603236 A	2
Y	JP 9-61678 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 07 March, 1997 (07.03.97), Full text; Figs. 1 to 17 (Family: none)	3, 5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 November, 2003 (09.11.03)

Date of mailing of the international search report
25 November, 2003 (25.11.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08931

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-88747 A (Omron Corp.), 29 March, 1994 (29.03.94), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	6
A	JP 2000-90875 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 31 March, 2000 (31.03.00), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1-6
A	JP 60-207083 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 18 October, 1985 (18.10.85), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-6
A	JP 48-7667 B1 (Westinghouse Electric Corp.), 07 March, 1973 (07.03.73), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01J 1/02, G01J 1/04, G01J 3/18,
H01J 40/02, H01J 43/28

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01J 1/02-1/04, G01J 1/42, G01J 3/18,
G01T 1/20-1/29, G02B 6/00, G02B 6/42,
H01J 31/50, H01J 40/02, H01J 43/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 61-183857 A (浜松ホトニクス株式会社) 1986.08.16, 全文, 第1-6図	1, 4, 7
Y	全文, 第1-6図	3, 5, 6
A	第3頁右上欄第11-20行, 第4図 & US 4783139 A & GB 8603236 A	2
Y	J P 9-61678 A (住友電気工業株式会社) 1997.03.07, 全文, 第1-17図 (ファミリーなし)	3, 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの。

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.11.03

国際調査報告の発送日

25.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

平田 佳規

2W

9807

電話番号 03-3581-1101 内線 3290



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 6-88747 A (オムロン株式会社) 1994. 03. 29, 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	6
A	JP 2000-90875 A (浜松ホトニクス株式会社) 2000. 03. 31, 全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 60-207083 A (浜松ホトニクス株式会社) 1985. 10. 18, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 48-7667 B1 (ウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション) 1973. 03. 07, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-6